

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
23. Januar 2003 (23.01.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/006976 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01N 27/04**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/02324

(22) Internationales Anmeldedatum:  
26. Juni 2002 (26.06.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
101 33 384.6 10. Juli 2001 (10.07.2001) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BERGER, Joachim**

[DE/DE]; Falkenstrasse 11, 73650 Winterbach (DE).  
**SCHULTE, Thomas** [DE/DE]; James-F.-Byrnes-Strasse  
44, 70376 Stuttgart (DE). **WIRTH, Ralf** [DE/DE]; Ger-  
linger Strasse 132, 71229 Leonberg (DE). **SCHUMANN,**  
**Bernd** [DE/DE]; Hegelstrasse 34, 71277 Rutesheim (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

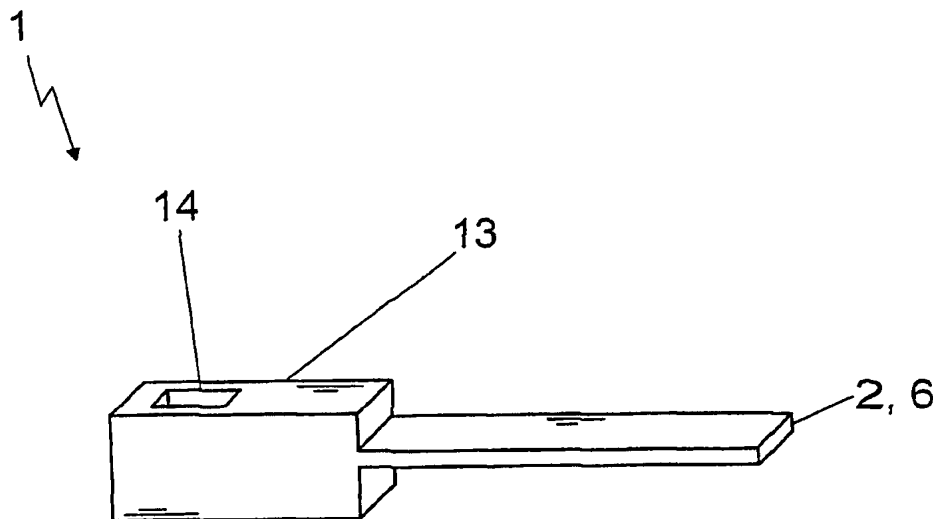
**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu  
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: SENSOR FOR DETECTING PARTICLES AND METHOD FOR CONTROLLING THE FUNCTION THEREOF

(54) Bezeichnung: SENSOR ZUR DETEKTION VON TEILCHEN UND VERFAHREN ZU DESSEN FUNKTIONSKON-  
TROLLE



(57) Abstract: The invention relates to a sensor for detecting particles in a gaseous stream, in particular soot particles in an exhaust gas stream. Said sensor comprises at least two measuring electrodes (7, 8), which are located on a substrate (6) consisting of an insulating material. The measuring electrodes (7,8) are at least partially covered by a retaining shell (13; 21).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Sensor zur Detektion von Teilchen in einem Gasstrom, insbesondere von Rußpartikeln in einem Abgasstrom, mit mindestens zwei Meßelektroden (7, 8) vorgeschlagen, die auf einem Substrat (6) aus einem isolierenden Werkstoff angeordnet sind. Die Meßelektroden (7,8) sind zumindest teilweise von einer Fanghülse (13; 21) überdeckt.

WO 03/006976 A2

Sensor zur Detektion von Teilchen und Verfahren zu dessen Funktionskontrolle

Stand der Technik

Die Erfindung geht von einem Sensor zur Detektion von Teilchen in einem Gasstrom, insbesondere von Rußpartikeln in einem Abgasstrom, gemäß der im Oberbegriff des Patentanspruches 1 näher definierten Art sowie von einem Verfahren zur Funktionskontrolle des Sensors gemäß der im Oberbegriff des Patentanspruches 10 näher definierten Art aus.

Es ist aus der Praxis bekannt, mittels zweier Elektroden, die auf einer Keramik angeordnet sind, eine Konzentration von Teilchen, wie beispielsweise Ruß- oder Staubpartikeln, in einem Abgas zu messen. Dies kann beispielsweise durch eine Messung des elektrischen Widerstandes des die beiden Elektroden trennenden keramischen Werkstoffs erfolgen.

### Vorteile der Erfindung

Der Sensor zur Detektion von Teilchen in einem Gasstrom, insbesondere von Rußpartikeln in Abgas, mit den Merkmalen nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1, bei dem die Meßelektroden zumindest teilweise von einer Fanghülse überdeckt sind, hat den Vorteil, daß in einem Gasstrom enthaltene Teilchen mittels der Fanghülse derart eingefangen werden können, daß sie durch in dem Gasstrom herrschende Strömungen nach der Ablagerung auf dem Substrat nicht beeinträchtigt werden können. Des weiteren schützt die Fanghülse die Elektroden vor abrasiven Wirkungen der Strömungen des Gases. Die Fanghülse dient auch der Beruhigung des Gasstroms und damit zur bevorzugten Ablagerung von Teilchen auf dem Substrat.

Der Sensor nach der Erfindung kann beispielsweise zur Anordnung in einem Abgasstrang eines Kraftfahrzeuges mit einem Dieselmotor oder auch zum Einsatz im Bereich der Haustechnik bei einer Ölheizung ausgelegt sein.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform des Sensors nach der Erfindung sind die Meßelektroden als interdigitale Kamm-elektroden ausgebildet. Kammelektroden bieten ein günstiges Meßverhalten und können auf einfache Weise auf ein beispielsweise plattenförmiges Substrat aufgedruckt werden.

Zur Funktionsüberprüfung des Sensors sind die Meßelektroden vorteilhaft teilweise von einem Dielektrikum überdeckt. Es ist so möglich, die Meßelektroden als Kondensator zu nutzen

und über eine Messung der Kapazität dieses Kondensators die Güte der Elektroden zu ermitteln. Wenn keine oder eine gegenüber einem Ausgangswert deutlich veränderte Kapazität gemessen wird, so kann hieraus geschlossen werden, daß zumindest eine der beiden Elektroden teilweise oder vollständig von dem Substrat abgelöst ist und der Sensor somit unbrauchbar ist.

Nach einer vorteilhaften Ausführungsform des Sensors kann an den Meßelektroden ein Plattenkondensator ausgebildet sein. Mittels eines derartigen Plattenkondensators, der entsprechend den vorstehenden Ausführungen zur Funktionskontrolle des Sensors dient und dessen Platten parallel zu dem vorzugsweise plattenförmigen Substrat ausgebildet sind, sind Kapazitäten realisierbar, die einer Messung leicht zugänglich sind. Die Kapazitäten des Plattenkondensators können beispielsweise im Bereich zwischen 100 pF und 200 pF liegen.

Der Plattenkondensator ist zweckmäßigerweise mit einem Dielektrikum ausgebildet, wobei das Dielektrikum beispielsweise aus Aluminiumoxid gebildet sein kann. Bei dieser Ausführungsform sind die Platten des Plattenkondensators und das Dielektrikum übereinander liegend auf dem plattenförmigen Substrat angeordnet.

Des weiteren ist es vorteilhaft, wenn der Plattenkondensator mit einer Schutzschicht abgedeckt ist. Entsprechend kann ein über dem Kammbereich der Kammelektroden angeordnetes Dielektrikum mit einer Schutzschicht abgedeckt sein.

Um den Sensor von Teilchenablagerungen befreien zu können, kann dieser in einer vorteilhaften Weiterbildung zu diesem Zweck ein Heizelement aufweisen.

Bezüglich der Materialauswahl ist es vorteilhaft, wenn das Substrat aus einem hochisolierenden Werkstoff, beispielsweise einer Keramik wie Aluminiumoxid, gefertigt ist.

Die Fanghülse kann beispielsweise auf das Substrat aufgeklemmt sein. In einem solchen Fall ist die Fanghülse vorteilhaft aus einem Blech mit federelastischen Eigenschaften gefertigt.

Die Fanghülse kann aber auch aus dem Werkstoff gefertigt sein, aus dem das Substrat besteht. In diesem Falle kann die Fanghülse mit dem Substrat in fester Verbindung stehen. Sie ist dann beispielsweise ebenfalls aus einer Keramik gefertigt.

Die Form der Fanghülse ist grundsätzlich nicht an bestimmte Vorgaben gebunden, sie ist aber bei einer bevorzugten Ausführungsform schachtelförmig, wobei zumindest eine Seite einer solchen Schachtel keilförmig zulaufen kann. Das Substrat kann in einer Öffnung der Schachtel eingeschoben sein.

Die Erfindung hat auch ein Verfahren zur Funktionskontrolle des Sensors zum Gegenstand. Bei diesem Verfahren ist den Meßelektroden ein Kondensator zugeordnet, wobei die Kapazität dieses Kondensators ermittelt wird.

Bei dem Verfahren wird der aus Elektroden und Kondensator bestehende Meßaufbau als RC-Glied mit einem für ein RC-Glied typischen Meßverhalten angesehen. Die Messung der Kapazität erfolgt hierbei vorteilhaft bei Frequenzen größer als 5 kHz, beispielsweise bei 500 kHz.

Zweckmäßigerweise wird bei Abweichung der Kapazität vom Sollwert, welcher dem Wert von einwandfrei arbeitenden Elektroden entspricht, eine Fehlermeldung generiert.

Über den zwischen den Meßelektroden herrschenden Widerstand kann auf die Teilchenkonzentration in dem zu messenden Medium geschlossen werden. Dies kann durch die Ermittlung der zeitlichen Änderung des Widerstandsanteils des RC-Gliedes erfolgen. Der Widerstand wird hier beispielsweise bei Frequenzen kleiner 5 kHz ermittelt.

Alternativ oder in Ergänzung hierzu ist es auch möglich, die Impedanz zu messen, um noch genauere Informationen hinsichtlich der Spezifizierung der Rußtypen zu gewinnen.

Der Sensor wird bevorzugt ausgeheizt, um ihn von angelagerten Teilchen zu befreien. Nach dem Ausheizen kann dann ermittelt werden, ob die Meßanordnung des Sensors ein für ein RC-Glied typisches Verhalten aufweist. Ist dies der Fall, kann auf die Güte des Isolationswiderstandes zwischen den Elektroden geschlossen werden. Wenn die ermittelte Güte zu gering ist, ist der Sensor zu ersetzen. Dies kann von einer Steuereinheit, mit der der Sensor verbunden ist, ermittelt werden. Gegebenenfalls kann der Sensor auch über einen län-

geren Zeitraum ausgeheizt werden, um noch vorhandene Rußablagerungen zu entfernen.

Vorteilhaft kann der nach dem Ausheizen des Sensors gemessene Isolationswiderstand als Korrekturgröße für den Betrieb des Sensors herangezogen werden. Dies kann natürlich nur unter der Voraussetzung erfolgen, daß die Elektroden an sich voll funktionsfähig sind. Dies kann, wie oben beschrieben, über eine Kapazitätsmessung ermittelt werden.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Weiterbildungen des Gegenstandes nach der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung, der Zeichnung und den Patentansprüchen.

#### Zeichnung

Zwei Ausführungsbeispiele des Sensors nach der Erfindung sind in der Zeichnung schematisch vereinfacht dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 eine schematische, perspektivische Darstellung eines Rußsensors,

Figur 2 ein Sensorelement des Rußsensors nach Figur 1,

Figur 3 eine schematische, perspektivische Ansicht einer alternativen Ausführungsform eines Sensors, und

Figur 4 ein Sensorelement des Sensors nach Figur 3.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In den Figuren 1 und 2 ist ein Sensor zur Detektion von Teilchen in einem Gasstrom dargestellt, der zum Einbau in einen Abgasstrang eines Kraftfahrzeuges dient und bevorzugt nach einem Rußfilter eines Kraftfahrzeuges mit einem Dieselvebrennungsmotor angeordnet ist.

Der Sensor 1 umfaßt eine plattenartige Trägerschicht 2 aus einem hochisolierenden Werkstoff, beispielsweise aus einer Keramik wie Aluminiumoxid. In die Trägerschicht ist ein Heizelement 3 integriert, das über Kontaktierungen 4 und 5 mit einer geeigneten Spannungsquelle verbindbar ist und zum Freibrennen des Sensors 1 von gegebenenfalls abgelagerten Teilchen, wie Rußpartikeln, dient.

Auf der Trägerschicht ist eine zweite plattenartige Schicht 6 aus Aluminiumoxid angeordnet, auf welcher eine Struktur aus zwei interdigitalen Kammelektroden 7 und 8 aufgedruckt ist, die über Kontaktierungen 9 und 10 mit einer Meß- und Steuereinheit verbindbar sind.

Im Kammbereich sind die beiden Kammelektroden 7 und 8 teilweise von einem Dielektrikum 11 überdeckt, so daß die Kammelektroden 7 und 8 als Elektroden eines Kondensators mit meßbarer Kapazität dienen können. Das Dielektrikum 11 ist wiederum mit einer Schutzschicht 12 versehen, so daß es gegenüber dem umgebenden Medium abgetrennt ist, womit eine Degeneration des Dielektrikums 11 ausgeschlossen ist.

Im Bereich der Kammelektroden 7 und 8 ist der Sensor 1 mit einer Fanghülse 13 versehen, die schachtelförmig ausgebildet ist, in einem oberhalb der Kammelektroden 7 und 8 lie-



genden Bereich mit einer Öffnung 14 versehen ist und zur Beruhigung eines in dem Abgasstrang strömenden Gasstroms dient, so daß sich Rußpartikel bzw. sonstige in dem Gasstrom enthaltene Teilchen bevorzugt im Bereich der Kammelektroden 7 und 8 ablagert. Die vorliegende Fanghülse 13 besteht aus mehreren keramischen Schichten und ist in den keramischen Werkstoff der zweiten Schicht 6 bzw. der Trägerschicht 2 integriert. Die beiden Schichten 2 und 6 ragen aus der Fanghülse heraus.

In den Figuren 3 und 4 ist eine alternative Ausführungsform eines Rußsensors 20 zum Einbau in einen Abgasstrang eines Kraftfahrzeuges dargestellt.

Entsprechend dem Ausführungsbeispiel nach den Figuren 1 und 2 umfaßt der Sensor 20 eine Trägerschicht 2 mit integriertem Heizelement 3 sowie eine zweite Schicht 6, auf der zwei interdigitale Kammelektroden 7 und 8 aufgedruckt sind, die über Kontaktierungen 9 und 10 mit einer Meß- und Steuereinheit verbindbar sind und zur Bestimmung einer Rußkonzentration in einem in dem Abgasstrang strömenden Abgas durch Widerstandsmessung dienen.

An dem der Kontaktierung 9 abgewandten Ende ist die Elektrode 8 mit einer ersten Elektrodenplatte 16 verbunden. Die Kammelektrode 7 ist an dem der Kontaktierung 10 abgewandten Ende mit einer zweiten Elektrodenplatte 17 verbunden. Die Elektrodenplatten 16 und 17 bilden einen Plattenkondensator, der mit einem zwischen den beiden Platten 16 und 17 angeordneten Dielektrikum 18 versehen ist.

Die erste Elektrodenplatte 16 ist des weiteren mit einer Schutzschicht 19 versehen, so daß der aus den Platten 16 und 17 und dem Dielektrikum 18 bestehende Kondensator gegenüber der Umgebung geschützt ist. Die Elektrodenplatten 16 und 17, das Dielektrikum 18 und die Schutzschicht 19 liegen außerhalb des Bereiches der interdigitalen Kammstruktur der beiden Elektroden 7 und 8 und sind übereinanderliegend auf der Schicht 6 angeordnet.

Der Sensor 20 ist mit einer Fanghülse 21 mit einer Eintrittsöffnung 22 versehen. Die Fanghülse 21 besteht aus Blech und ist auf die aus den Schichten 2 und 6 bestehende Struktur aufgeklemmt.

Die Rußsensoren nach den Figuren 1 und 2 bzw. 3 und 4 arbeiten in nachfolgend beschriebener Weise.

Wenn sich auf der zweiten Schicht 6 Ruß bzw. sonstige, elektrisch leitende Teilchen ablagern, so reduziert sich der elektrische Widerstand zwischen den beiden Kammelektroden 7 und 8. Durch Messung der Impedanz zwischen den beiden Elektroden 7 und 8 ergibt sich ein für ein sogenanntes RC-Glied typisches Verhalten. Dies bedeutet, daß die Ruß- bzw. Teilchenkonzentration in dem betreffenden Abgas anhand der zeitlichen Änderung des Widerstandsanteils des RC-Gliedes bestimmt werden kann.

Zur Regeneration des Sensors 1 bzw. 20 werden die angelagerten Teilchen nach gewisser Zeit mittels des in die Schicht 2 integrierten Heizelements 3 abgebrannt. Bei funktionstüchtigem Sensor 1 bzw. 20 sollte nach diesem soge-

nannten Ausheizen der Widerstand zwischen den Elektroden 7 und 8 gegen Unendlich gehen.

Die Messung des Widerstands erfolgt bevorzugt bei niedrigen Frequenzen, beispielsweise bei einer Frequenz von 100 kHz. Es sollte nur noch die Kapazität der als Kondensator dienenden Elektroden 7 und 8 bei dem Sensor 1 bzw. des aus den Elektrodenplatten 16 und 17 bestehenden Kondensators bei dem Sensor 20 gemessen werden können. Diese Messung erfolgt bei hohen Frequenzen, beispielsweise bei einer Frequenz von 500 kHz. Die Kapazität des jeweiligen Kondensators liegt in dem Bereich zwischen 100 pF und 200 pF.

Wird nach dem Abbrennen der Teilchen in dem Kammbereich der interdigitalen Kammelektroden 7 und 8 keine oder eine deutlich geänderte Kapazität gemessen, so kann hieraus geschlossen werden, daß zumindest eine der beiden Kammelektroden 7 bzw. 8 zerstört ist. In diesem Falle wird an einer Meß- und Steuereinheit eine Fehlermeldung generiert.

Wird nach dem Ausheizen des Sensors ein für ein RC-Glied typisches Verhalten gemessen, so kann auf die Güte des Isolationswiderstandes zwischen den beiden Kammelektroden 7 und 8 geschlossen werden. Wenn der Isolationswiderstand zu gering ist, wird der Sensor als zu stark gealtert gewertet. Er muß ersetzt werden. Dieser Zustand wird von der Meß- und Steuereinheit detektiert.

Alternativ zum Austausch des Sensors kann auch die Ausheizzeit verlängert werden.

Gegebenenfalls kann sich der Isolationswiderstand durch Ablagerung leitfähiger Korrosionsprodukte verändern. Diese Größe kann als Korrekturgröße beim Betrieb des Sensors 1 bzw. 20 eingehen. Hierzu muß jedoch gewährleistet sein, daß die Elektroden 7 und 8 voll funktionsfähig sind. Diese Information wird durch Messung der Kapazität des jeweiligen Kondensators gewonnen. Dies kann nach dem oben bereits beschriebenen Verfahren erfolgen.

### Ansprüche

1. Sensor zur Detektion von Teilchen in einem Gasstrom, insbesondere von Rußpartikeln in einem Abgasstrom, mit mindestens zwei Meßelektroden (7, 8), die auf einem Substrat (6) aus einem isolierenden Werkstoff angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßelektroden (7, 8) zumindest teilweise von einer Fanghülse (13; 21) überdeckt sind.
2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßelektroden als interdigitale Kammelektroden (7, 8) ausgebildet sind.
3. Sensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßelektroden (7, 8) teilweise von einem Dielektrikum (11) überdeckt sind.
4. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß an den Meßelektroden (7, 8) ein Plattenkondensator (16, 17) ausgebildet ist.

5. Sensor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Plattenkondensator (16, 17) mit einem Dielektrikum (18) ausgebildet ist.
6. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch ein Heizelement (3).
7. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (6) aus Aluminiumoxid gefertigt ist.
8. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Fanghülse (21) auf das Substrat (6) aufgeklemmt ist.
9. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Fanghülse (13) aus dem Werkstoff des Substrats (6) gefertigt ist.
10. Verfahren zur Funktionskontrolle eines Sensors (1; 20) zur Detektion von Teilchen, insbesondere von Ruß, welcher Sensor mindestens zwei Meßelektroden (6, 7) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß den Meßelektroden (6, 7) ein Kondensator zugeordnet ist und die Kapazität dieses Kondensators ermittelt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß bei Abweichung der Kapazität vom Sollwert eine Fehlermeldung generiert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (1; 20) ausgeheizt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Ausheizen des Sensors (1; 20) der Isolationswiderstand zwischen den Meßelektroden (6, 7) gemessen wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der nach dem Ausheizen des Sensors gemessene Isolationswiderstand als Korrekturgröße für den Betrieb des Sensors (1; 20) herangezogen wird.

1 / 2

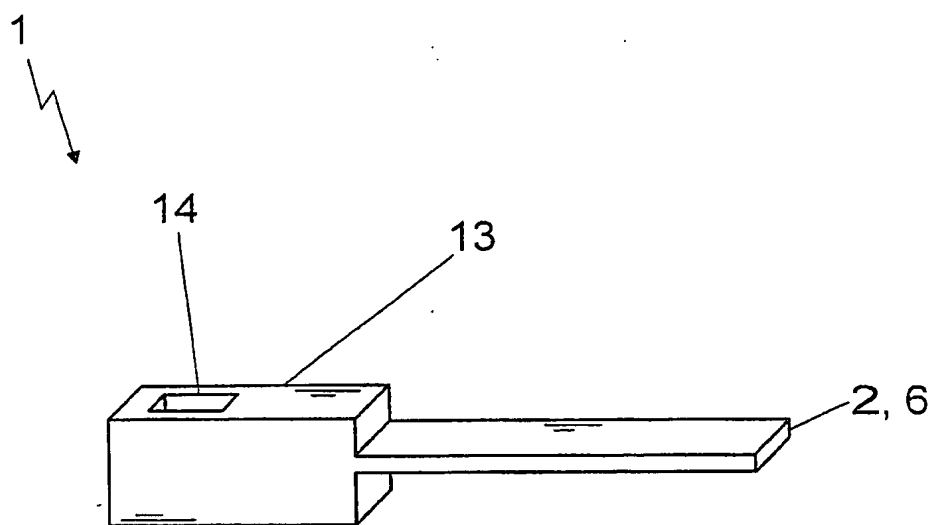


Fig. 1

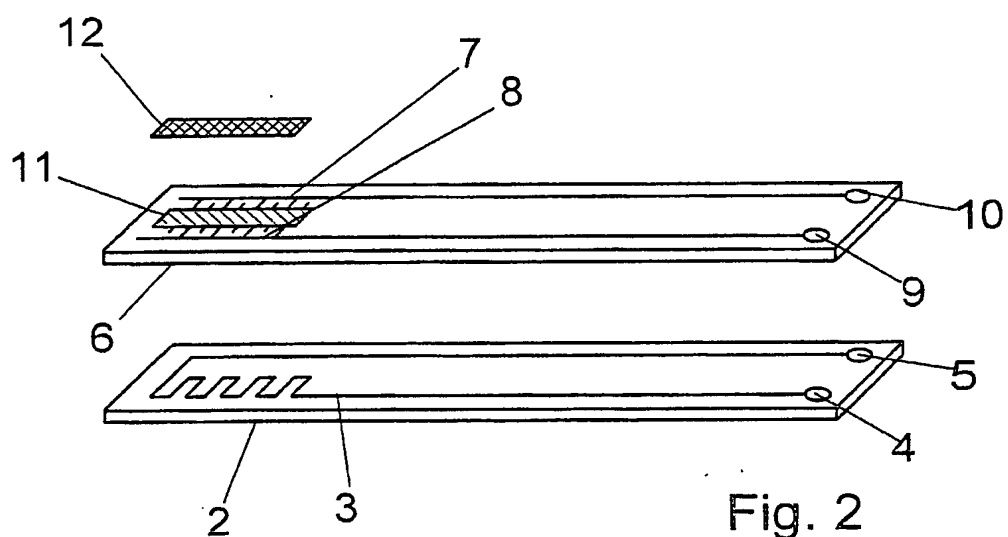


Fig. 2



2 / 2

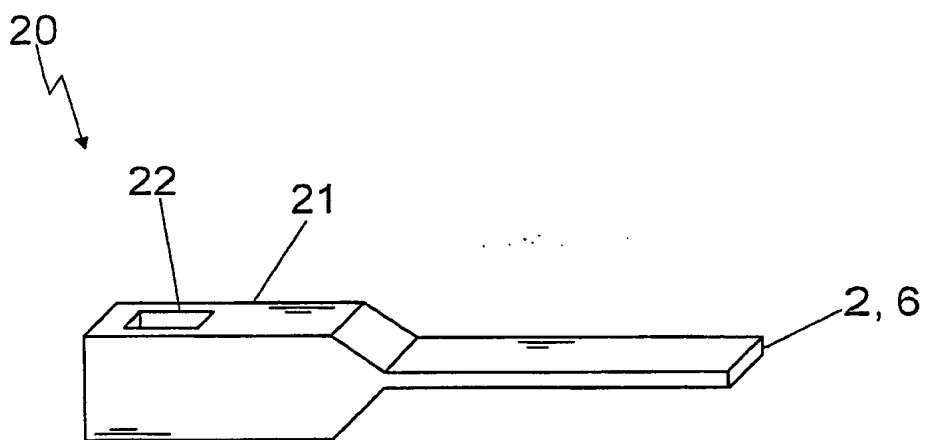


Fig. 3

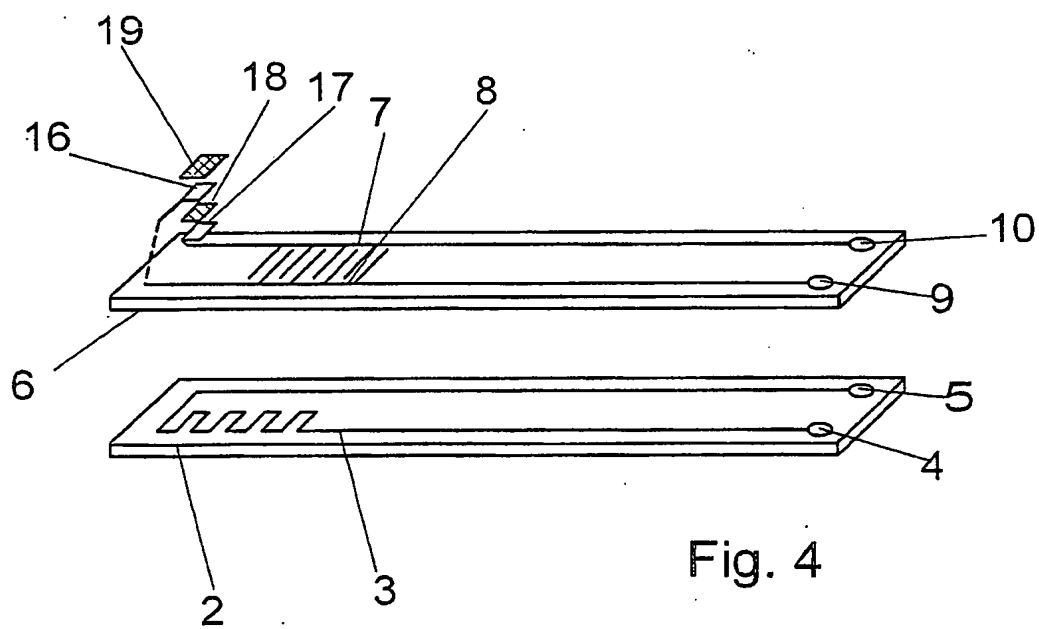


Fig. 4